

Spleißgeräte

Einführung, Faserpositionierungsarten

Bei der Planung eines Lichtwellenleiternetzes sind neben der Dämpfung des LWL-Kabels auch die Dämpfungswerte der Verbindungsstellen zu beachten. Bei der Herstellung von Lichtwellenleiter-Verbindungen unterscheidet man:

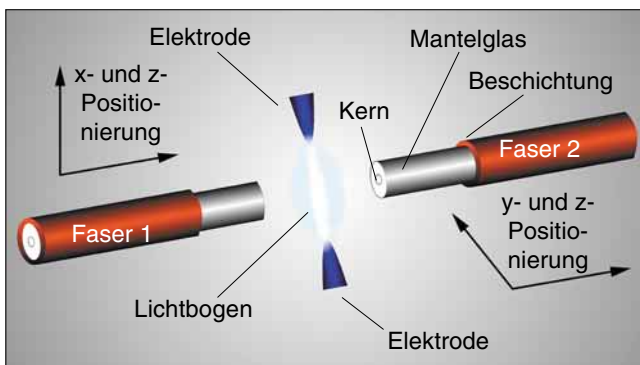
- Thermische Spleiße
- Mechanische Spleiße
- Steckverbindungen

Thermisches Spleißen unterscheidet sich von mechanischen Spleißverbindungen sowie LWL-Steckverbindungen dahingehend, dass die einzelnen Glasfasern bei diesem Verfahren hochqualitativ mit Hilfe eines Lichtbogens (genauer: einer Glimmentladung) direkt miteinander verschweißt werden. Auf diese Weise entsteht eine stoffschlüssige Verbindung der Fasern – ohne Luftspalt und Einschlüsse. In der Praxis werden hierfür Spleißgeräte eingesetzt.

Der Spleißprozess erfolgt prinzipiell in folgenden Schritten:

1. Absetzen der Faserenden mit Absetzwerkzeug
2. Vorbereiten der Faserendflächen mit Trenngerät
3. Einlegen der Faserenden in das Spleißgerät und Positionierung durch das Spleißgerät
4. Verschweißen der Fasern mit Hilfe eines zwischen zwei Elektroden gezündeten Lichtbogens
5. Analyse des fertigen Spleißes
6. Schützen und Ablegen der Spleißverbindung

Das thermische Spleißverfahren ist die präziseste und dauerhafteste Methode, um LWL-Fasern permanent zu verbinden. Vor dem Spleißen wird die Faserbeschichtung entfernt, die Faserenden gereinigt und



Prinzip des thermischen Spleißens

mit Hilfe eines Trenngerätes rechtwinklig zur Faserachse getrennt. Nach Einlegen der so vorbereiteten Fasern werden die Faserenden im Spleißgerät zueinander positioniert und verschweißt.

Corning bietet eine Spleißgerätefamilie, die abgestimmte Geräte für die unterschiedlichen Anforderungen bietet. Die Kurzcharakteristik gibt eine Übersicht über die Hauptprodukte:

| Typ | Kurzcharakteristik |
|---------------|---|
| X60 | Das "Top-end"-Gerät, extrem benutzerfreundlich, hervorragende Spleißergebnisse und äußerst zuverlässige Spleißdämpfungsmessung |
| X77 | "High-end"-Gerät der Kompaktgeräteklasse mit präziser Kern-zu-Kern-Positionierung |
| X75 | Das <i>wirtschaftliche</i> Gerät mit vollautomatischer Faserpositionierung und Spleißdämpfungsauswertung |
| X75-12 | Das kompakte <i>Mehrfach</i> -Spleißgerät für bis zu 12 Fasern oder Faserbündchen mit vollautomatischer Faserpositionierung und Spleißdämpfungsauswertung |

Faserpositionierungsarten

Hauptsächlich unterscheidet man zwei Positionierungsarten:

- Kern-zu-Kern-Positionierung
- Feststehende V-Nuten

Die **Kern-zu-Kern-Positionierung** erfolgt automatisch über Schrittmotoren und / oder hochpräzise piezokeramische Stellelemente. Diese Positionierungsart erfordert eine Verstellung in drei Richtungen: vertikal, horizontal und axial (d. h. in Faserrichtung).

Bei der Positionierung mit **festen V-Nuten** handelt es sich um eine passive x- / y-Positionierung. Die x-/y-Position der Faserenden wird durch den Außendurchmesser der Fasern in den Präzisions-V-Nuten des Spleißgerätes festgelegt.

Spleißprozesssteuerungen, LID-System™, AFC™

Spleißprozess-Steuerungen

Die Spleißgeräte X60 und X77 mit Kern-zu-Kern-Positionierung verwenden zwei sich ergänzende Systeme zur Steuerung des Spleißprozesses: das LID-System und das Videobild-Auswertungsverfahren L-PAS. Diese Spleißgeräte wählen automatisch die geeignete Spleißprozesssteuerung, so dass Bedienungsfehler ausgeschlossen werden.

Das Abbild der Faserenden wird in allen Spleißgeräten (X60, X77, X75, X75-12) über die L-PAS-Videobildauswertung ausgewertet. Das Videosignal wird digital analysiert und für Faserlageerkennung, Endflächenqualitätsbeurteilung und Schmutzerkennung sowie zur Steuerung der Faserpositionierung und zur Spleißdämpfungsauswertung genutzt.

LID-System (X60 und X77)

Das LID-System (*Local light Injection and Detection*) ermöglicht die Durchlichtmessung und erlaubt dadurch:

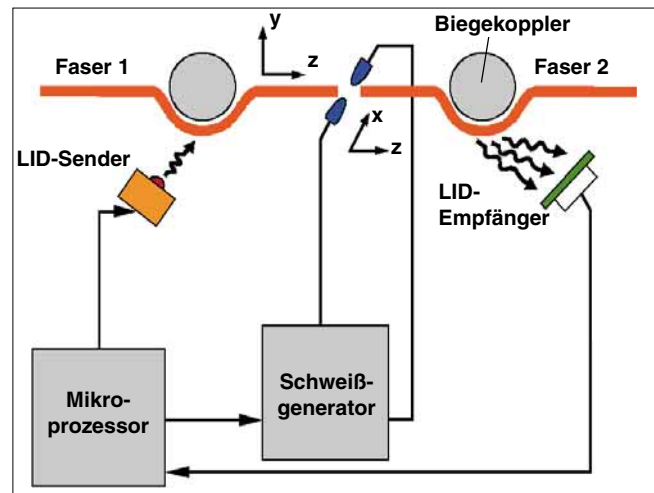
- Hochpräzise Kern-zu-Kern-Positionierung der Fasern
- Automatische Schweißzeitregelung AFC

Das LID-System des X60 bietet zusätzlich:

- Echte Spleißdämpfungsmessung nach Durchlichtverfahren
- Automatische Fasertyperkennung durch Nahfeldabtastung

Licht im Einmodenbereich mit Meßwellenlänge von 1300 nm wird im linken Biegekoppler (Sender) in den Kern der einen Faser eingekoppelt und im Biegekoppler auf der rechten Seite (Empfänger) aus dem anderen Faserkern wieder ausgekoppelt.

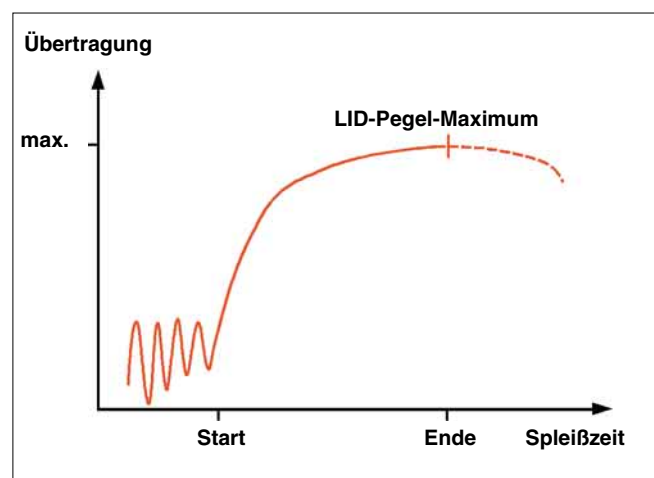
Das LID-System eignet sich für alle handelsüblichen Fasern mit 250 µm Primärbeschichtung. Die Vorteile des LID-Systems lassen sich bei Einsatz entsprechender Pigtailadapter (auf Anfrage) auch zum Spleißen festumspritzter Pigtails mit Beschichtungsdurchmesser von mehr als 250 µm nutzen.



Prinzip des LID-Systems

Automatische Schweißzeitregelung AFC

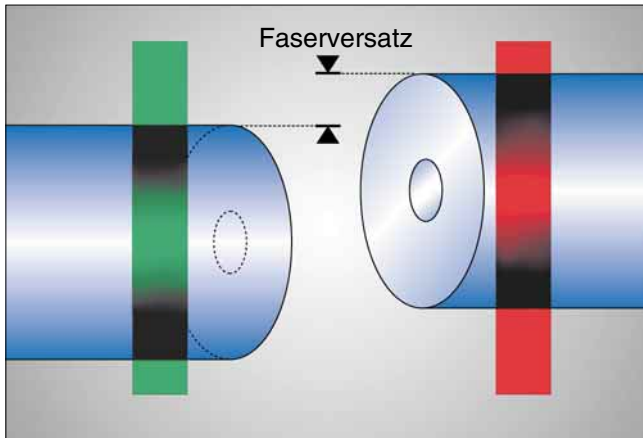
Mit AFC (*Automatic Fusion time Control*) wird während des Schweißvorgangs die über den Spleiß übertragene Lichtleistung ausgewertet und der Schweißvorgang beim Erreichen der bestmöglichen Übertragung beendet. Hierdurch werden Fasereigenschaften, Elektrodenzustand sowie sich ändernde Umgebungsbedingungen (Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Temperatur etc.) berücksichtigt und die geringstmögliche Dämpfung für jeden einzelnen Spleiß erreicht.



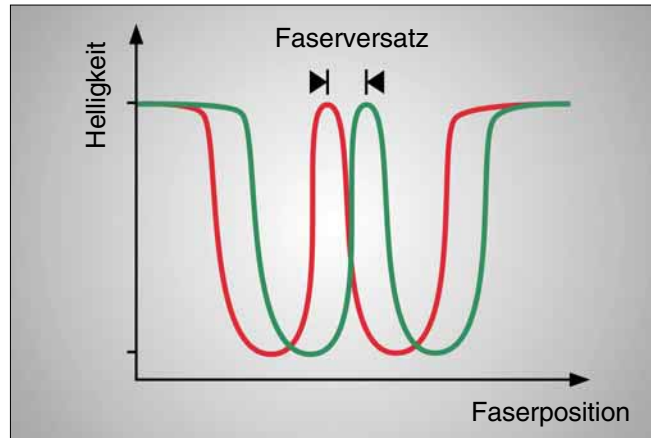
Prinzip der automatischen Schweißzeitregelung AFC

Spleißgeräte

L-PAS™



Beispiel für die Helligkeit über zwei Videobildspalten in einer Faseransicht



Helligkeitsprofil über zwei Videobildspalten eines gegenüberstehenden Faserpaars (mit Versatz)

L-PAS-Videobildauswertung

Das Abbild der Faserenden in zwei Ansichten (x- und y-Achse) wird mit Hilfe zweier Optiksysteeme erfaßt und mit der L-PAS-Videobildauswertung ausgewertet. Das L-PAS (Lens Profile Alignment System) verwendet zur Steuerung der Positionierung das Helligkeitsprofil der Videobildspalten und -zeilen. Dieses Profil umfaßt alle sichtbaren Faserdetails – einschließlich eventueller Schatten entlang des Faserzentrums, mögliche Beschädigungen, Faserversatz sowie Staub und Schmutzpartikel.

Ein Kreuzkorrelationsverfahren ermöglicht es, aus den Helligkeitsprofilen beider Faseransichten die Faserposition äußerst genau zu errechnen. Die obigen Bilder zeigen als Beispiel zwei Videospalten und den typischen Verlauf der Helligkeitsprofile eines gegenüberstehenden Faserpaars (Faser 1: grün, Faser 2: rot) mit Faserversatz in einer Ansicht.

Durch die Kreuzkorrelationsfunktion aller relevanten Helligkeitsprofile entlang der gesamten Faser werden etwaige Abweichungen (Versätze) ermittelt. Mit den Versatzdaten vor und nach dem Schweißvorgang ermittelt das Spleißgerät die erreichte Spleißdämpfung.

Zusätzlich ermöglicht das Videosystem die gleichzeitige Darstellung beider Faseransichten auf dem integrierten Monitor (außer X75-12).

Um die Vergrößerung bzw. Bildgröße zu erhöhen, kann das Bild auf einem externen Monitor dargestellt werden, der am Videoausgang des Spleißgerätes angeschlossen werden kann.

In Kombination mit dem LID-System™ (X60 und X77) ermöglicht das L-PAS die schnelle Vorpositionierung, automatische Kompensation schlechter Bruchwinkel bis 2,5° zwischen den Faserenden sowie schlechter Faserlage in der Faserführung. Eine erneute Faservorbereitung ist daher in den seltensten Fällen erforderlich.

Bedienung, Einflüsse auf den Spleißprozess

Bedienung

Die intelligente Software der Spleißgeräte X60, X77, X75 und X75-12 ermöglicht eine bedienerfreundliche Steuerung des Spleißprozesses sowie zusätzlicher Funktionen. Alle Spleißgeräte sind für vollautomatischen Ein-Tasten-Betrieb ausgelegt und lassen sich bei Bedarf auch manuell betreiben.

Während des gesamten Spleißvorgangs werden die Faserenden sowie Texteinblendungen zur Positionierung und zum Spleißprozess auf dem Monitor dargestellt. Darüber hinaus werden weitere Informationen, wie Faserversatz, Schweißzeit, Kernexzentrizität und das Spleißdämpfungsergebnis, angezeigt.

Alle Spleißgeräte verfügen über werkseitig voreingestellte Programme für alle handelsüblichen Fasertypen wie auch spezielle Fasern. Bei Bedarf lassen sich benutzerdefinierte Programme schnell und problemlos erstellen. Alle für die Spleißqualität entscheidenden Parameter sind frei programmierbar. Der Spleißprozess lässt sich somit individuell steuern. Die eingestellten benutzerdefinierten Kombinationen der Spleißparameter können jederzeit abgerufen und verändert werden. Durch Eingabe eines Kennworts besteht die Möglichkeit, sämtliche Parametersätze gegen unberechtigtes oder versehentliches Verstellen zu sichern.

Die Spleißgeräte **X60 und X77** mit **Kern-zu-Kern-Positionierung** bieten zusätzlich die Wahl mehrerer Spleißprozessmodi. Durch Auswahl des geeigneten Spleißprozessmodus lässt sich die Spleißzeit, die Spleißqualität oder die Genauigkeit der Spleißdämpfungsauswertung optimieren.

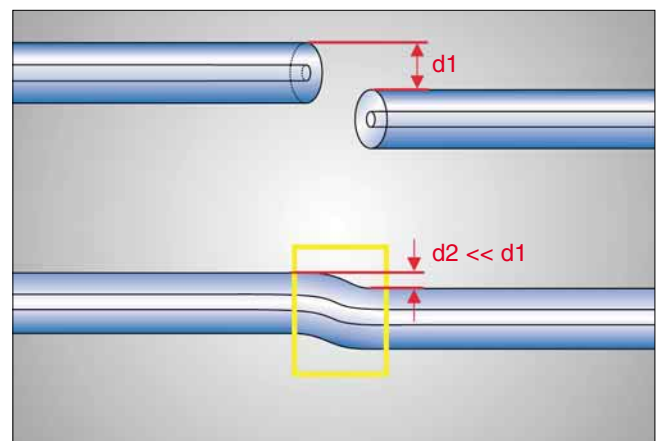
Die Spleißgeräte **X75 und X75-12** mit **feststehenden V-Nuten** analysieren die Faserposition. Um eine Voreinstellung der gewünschten Spleißqualität zu ermöglichen, können die Grenzwerte für den Faserversatz in der x- und y-Achse sowie für die Endflächenqualität der Fasern vom Bediener gewählt werden. Werden die Toleranzgrenzen überschritten, ist somit eine für die Anforderung nicht ausreichende Spleißqualität absehbar, und das Spleißgerät warnt den Bediener.

Einflüsse auf den Spleißprozess

Der Spleißprozess wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Die Hauptfaktoren sind:

- Selbstzentrierereffekt:

Der Selbstzentrierereffekt ist das durch die Oberflächenspannung des geschmolzenen Glases verursachte Bestreben der Glasfaser, eine homogene, möglichst versatzlose Verbindung zu bilden. Durch dieses natürliche Bestreben der Fasern können Spleißgeräte mit festen V-Nuten bei einer niedrigen Kernexzentrizität der Fasern (z. B. $< 0,4 \mu\text{m}$) eine durchschnittliche Spleißdämpfung von weniger als 0,05 dB erzielen.



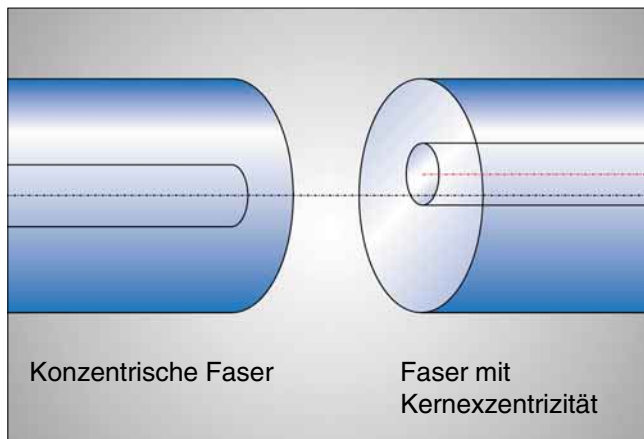
Prinzip des Selbstzentrierereffektes:

d_1 = Faserversatz vor dem Spleißprozess

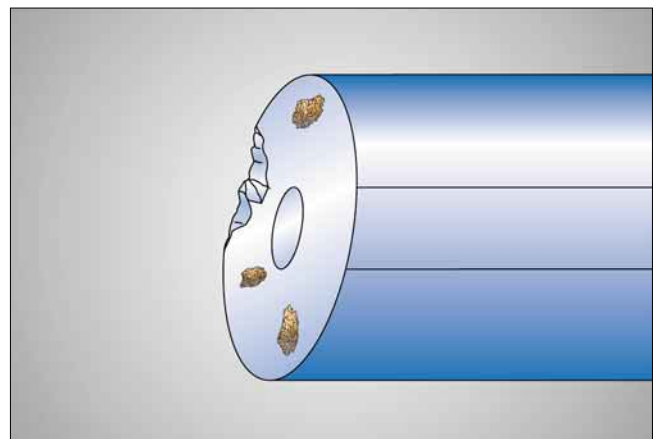
d_2 = geringerer Faserversatz nach dem Spleißprozess

Spleißgeräte

Einflüsse auf den Spleißprozess



Konzentrische Faser und Faser mit Kernexzentrizität



Beispiel für eine schlechte Endflächenqualität

Einflüsse auf den Spleißprozess (Fortsetzung)

- Kernexzentrizität:

Bei Spleißgeräten mit feststehenden V-Nuten können Fasern mit hoher Kernexzentrizität je nach Position der Faserkerne zueinander aufgrund des resultierenden Kernversatzes im Spleißinnern eine erhöhte Spleißdämpfung ergeben.

Die Spleißgeräte X60 und X77 kompensieren die Kernexzentrizität durch die präzise Kern-zu-Kern-Positionierung mit LID-System™. Die auftretende Gesamtexzentrizität hängt von der Kernexzentrizität beider Fasern und deren Orientierung zueinander ab. Die Gesamtexzentrizität wird von den Spleißgeräten X60 und X77 ermittelt und angezeigt sowie ggf. zur Kompensation des davon beeinflussten Selbstzentriereffektes bei der Positionierung berücksichtigt.

- Faserendflächenqualität:

Die Endflächenqualität der zu verschweißenden Fasern hat direkte Auswirkungen auf die Spleißdämpfung. Beim Trennen von Fasern für den Spleißvorgang muß die Faserendfläche daher sauber, frei von Ausbrüchen, eben und rechtwinklig zur Faserachse sein.

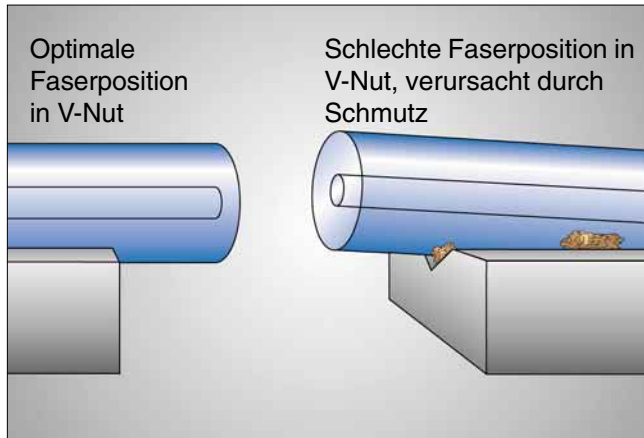
Bis zu einer Winkelabweichung von $2,5^\circ$ zwischen den beiden Faserenden kompensieren die Spleißgeräte X60, X77, X75 und X75-12 schlechte Bruchwinkel. Alle Spleißgeräte erkennen Schmutzpartikel und mechanische Beschädigungen mit ihrer L-PAS™-Videobildauswertung.

Ist die Reinigung mit Hilfe des Reinigungslichtbogens nach zwei Versuchen nicht erfolgreich, wird eine entsprechende Warnung ausgegeben. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass jederzeit eine möglichst optimale Spleißdämpfung erzielt wird und die Faservorbereitung nur wiederholt werden muß, wenn dies wirklich erforderlich ist.

- Qualität der Faservorbereitung

Bei der Vorbereitung der Fasern zum Spleißen, d. h. beim Absetzen und Trennen der Fasern, ist unbedingt darauf zu achten, dass das Mantelglas nicht beschädigt wird. Jede Beschädigung des ungeschützten Mantelglases kann Mikrorisse verursachen, die wiederum zu Faserbrüchen während der Handhabung, des Spleißens oder der Ablage führen können. Die in die Spleißgeräte X60, X77, X75 und X75-12 integrierte Zugprüfung wird eingesetzt, um den ungeschützten Spleiß auf ausreichende Zugfestigkeit zu prüfen und somit seine mechanischen Eigenschaften vor dem Schützen durch einen Spleißschutz (z. B. Krimp- oder Schrumpfspleißschutz) zu sichern und auf diese Weise eine dauerhaft störungsfreie Funktion in der Muffe, im Spleißmodul oder in der Spleißkassette zu gewährleisten. Darüber hinaus "durchleuchtet" das LID-System der Geräte X77 und X60 die Spleißverbindung während der Zugfestigkeitsprüfung, damit ein eventueller Anstieg der Spleißdämpfung umgehend erkannt wird.

Einflüsse auf den Spleißprozess



Faserpositionierung in den V-Nuten

- Schmutzpartikel/Beschichtungsreste in den V-Nuten

Verschmutzungen auf dem Fasermantel bzw. in den V-Nuten können zu schlechter Faserpositionierung führen. Dies kann eine ungünstige Ausrichtung der Faserachse verursachen und den Spleißprozess genauso extrem beeinflussen wie schlechte Bruchwinkel.

Die Spleißgeräte X60, X77, X75 und X75-12 ermitteln die Faserposition. Üblicherweise können das X60 und das X77 die Auswirkung der schlechten Faserposition durch die Kern-zu-Kern-Positionierung kompensieren.

Die Geräte X75 und X75-12 sind aufgrund der feststehenden V-Nuten nicht in der Lage, eine durch Schmutz verursachte schlechte Faserposition auszugleichen. Diese Geräte geben in Abhängigkeit des vom Bediener eingestellten Grenzwertes einen entsprechenden visuellen und akustischen Warnhinweis.

Das X60 mißt zusätzlich den Faserachswinkel bei der Faserenden, damit dem Bediener jederzeit der gegenwärtige Zustand der V-Nut bekannt ist und bei Bedarf der Referenzwert für die Spleißdämpfungsbeurteilung korrigiert werden kann.

- Faserschmelzeigenschaften

Aufgrund des höheren Anteils von dotiertem Kernglas in Mehrmodenfasern sind diese Fasern während des Schmelzprozesses kritischer als Einmodenfasern.

Die Spleißgeräte X60, X77, X75 und X75-12 bieten eine spezielle Verrundungsfunktion der Faserenden für Mehrmodenfasern, die vor dem eigentlichen Spleißvorgang zum Einsatz kommt. Diese Funktion verringert das Risiko der Blasenbildung und glättet die Faserendflächen, da das Trennverhalten von Mehrmodenfasern generell erheblich schlechter als das von Einmodenfasern ist. Somit wird die Anzahl der erforderlichen Spleißwiederholungen auf ein Minimum reduziert.

- Elektrodenzustand

Ein reproduzierbarer und stabiler Lichtbogen ist für hochqualitative Spleiße unbedingt erforderlich. Der Lichtbogen wird vor allem durch den Elektrodenzustand beeinflusst. Bei Verschleiß oder Verschmutzung, z. B. durch während des Schweißens verdampfte Glaspartikel, verändert sich der Elektrodenzustand auch im Normalbetrieb. Aus diesem Grund ist von Zeit zu Zeit eine Elektrodenreinigung (manuell oder durch einen Reinigungslichtbogen) bzw. ein vollständiger Elektrodenaustausch erforderlich.

Die Spleißgeräte X60, X77, X75 und X75-12 sind mit Elektrodenwartungszählern ausgestattet, die den Bediener in frei wählbaren Intervallen an die Elektrodenreinigung bzw. den Elektrodenaustausch erinnern.

Darüber hinaus verfügen die Geräte X60, X77 und X75 über eine spezielle Elektrodentestfunktion zur Ermittlung des Elektrodenzustands. Diese Funktion ermittelt den tatsächlichen Zustand einschließlich Verschleiß und Verschmutzung durch Messung der elektrischen Impedanz. Dies hat den Vorteil, dass kein zeitaufwendiger Testspleiß erforderlich ist und überflüssige Wartung vermieden wird.

Das X75-12 bietet eine Parameteroptimierungsfunktion, die die gewählten Schweißparameter mit Hilfe eines Lichtbogentests optimal abstimmt. Mit dieser Funktion werden sowohl die Umgebungsbedingungen als auch der Elektrodenzustand berücksichtigt.